

DATELE LUCRĂRII

Titlul tezei: „ ANALIZA POSIBILITĂȚILOR ȘI LIMITELOR CONCEPTULUI MODELAR

Lucrarea este structurată pe 260 pagini, în 10 Capitole și Anexe. Se găsesc:

- 17 tabele;
- 163 de figuri (grafice, imagini și desene).

În continuare este prezentat cuprinsul tezei.

REZUMAT

În zilele noastre, atenția modelatorilor curgerilor de ape mari a devenit tot mai mult îndreptată asupra bazinelor urbanizate complexe, unde valoarea atribuită riscului este mai mare decât cea din zonele rurale. Datorită acestui fapt, au fost studiate și testate diferite abordări de modelare. Modelarea din zonele urbane necesită seturi de date măsurate tot complexe, date ce sunt în general dificil sau imposibil de obținut.

Acest studiu se concentrază pe analiza comparativă dintre codul unui model sau altul, prin simularea unor evenimente proiectate, evaluând sensibilitatea simulărilor față de parametrii modelului și discretizarea topografiei domeniului de studiu. S-au analizat comparativ trei concepte diferite de modelare: uni-, bi- și tri-dimensională, stabilindu-se domeniul de aplicabilitate, respectiv posibilitățile și limitele acestora. Scopul acestei cercetări este de a contribui la o mai bună înțelegere a fenomenului de curgere a apelor mari și de a aduce informații utile celor cu factor de decizie și planificare în cazul planurilor de management. Totodată va fi un real suport în elaborarea de noi proiecte în vederea eficientizării planificărilor unor acțiuni de măsurare, de evidențiere a modificărilor geometriei și rugozității cursurilor de râu.

Două studii de caz diferite ale unor inundații urbane au fost luate în considerare, modelate și simulate în această cercetare: prima inundație este într-un oraș idealizat, cauzată de cedarea unui baraj, și a doua inundație este cea petrecută în Ianuarie 2005, în Carlisle, Anglia. În primul caz au fost aplicate două abordări de modelare (SOBEK 2D și BreZo 2D), pentru a simula inundarea unui oraș idealizat prin cedarea unui baraj. În al doilea caz (Carlisle) au fost aplicate trei abordări de modelare pentru a simula inundația de pe râul Caldew: model hidrodinamic 1D (Sobek 1D, Hec-Ras 1D, MIKE11 1D), model complet hidrodinamic 2D (Sobek 2D, BreZo 2D) și model hidrodinamic 1D2D (Sobek 1D2D). Un alt studiu de caz prezentat în această lucrare este cel al modelării unui tronson al râului Clyde, Glasgow, Scoția. A fost realizat un model 1D pentru studierea riscului la inundații, utilizând programul ISIS. Aici s-a analizat sensibilitatea simulării modelului la modificările parametrilor hidraulici și numerici de modelare.

Modelarea 3D a unei secțiuni de râu cu scopul de a urmări modificările morfologice suferite de depunerile sedimentare în urma amplasării unui baraj, constituie tema ultimului studiu de caz prezentat. Modelarea s-a realizat prin utilizarea unui program de modelare adecvat tri-dimensional Delft3D.

Rezultatele au arătat faptul că simulări s-au comportat în mod apropiat cu comportamentul fizic, referitor la modul de propagare a undei de viitură, în ambele cazuri, în districtul urban al orașului ideal și în zona urbană de studiu din Carlisle. Modelele hidrodinamice BreZo și SOBEK au oferit estimări bune ale traiectoriei undei de inundație prin zona urbană. Modelele au furnizat hărți ale vectorilor vitezelor, niveluri și adâncimi de apă, ce pot fi utilizate pentru a monitoriza și repera mișcarea apei printr-un oraș. Chiar dacă procesele de validare nu au fost posibile din cauza lipsei de date, simulațiile inundațiilor urbane au fost comparate cu extinderea observată a inundației și a nivelurilor suprafețelor de apă, calitatea rezultatelor obținute a fost bună.

1 Capitolul 1. INTRODUCERE

Aici este făcută o scurtă introducere a modelărilor și aplicabilității acestora, o relevare a câtorva tipuri de modele de simulare a curgerilor existente, sub prezentarea **Stadiului actual al cercetărilor**. Sunt ilustrate apoi **Tehnicile de modelare a inundațiilor urbane**, regăsite în urma unui studiu bibliografic amănunțit.

Identificarea și descrierea problemelor prezintă prin stadiul actual, necesitatea unor modele de simulare a curgerilor de suprafață a apelor mari, precum și impactul inundațiilor asupra societății.

În continuare vor fi redate **Obiectivele** lucrării și **Metodologia** abordată pentru îndeplinirea acestora.

Obiective

Problemele prezentate în paragrafele anterioare au fost translatate într-un număr de întrebări asupra studiului:

- Există diferențe majore în reprezentarea traiectoriilor vânei de apă și a hărților de extindere a inundațiilor în inundațiilor urbane dintre modelele hidrodinamice uni-bi-dimensionale și bi-dimensionale?
- În sistemul suport de decizie în cazul planului de evacuare cauzat de un eveniment major de inundație, care rezultate ale căror modele hidrodinamice ar trebui să fie luate în considerare: modelele hidrodinamice 2D sau 1D2D?

Obiectivele specifice acestui studiu sunt:

- Stabilirea tipului de model utilizat în funcție de datele disponibile și de problema ce trebuie rezolvată.
- Determinarea cerințelor, posibilităților și limitelor de utilizarea a modelelor hidrodinamice uni-, bi- și tri- dimensionale pentru simularea curgerilor
- Determinarea modului de reprezentare a traseului preferențial al undei de viitură sub diferite abordări de modelare.

- Determinarea cerințelor diferitelor modele hidraulice cu scopul de a obține hărți ale extinderii inundațiilor precise și de încredere.
- Studiarea necesității și rezultatele unor diferite modele de simulare a inundațiilor și din mai multe surse de software pentru o mai bună înțelegere a fenomenului.
- Să se determine aplicabilitatea modelelor diferitelor software în cazul unei inundații urbane, prin studierea posibilităților și limitelor acestora.
- Să se determine sensibilitatea modelelor cauzată de schimbările aduse parametrilor numerici.

Metodologie

În această lucrare au fost abordate patru studii de caz, utilizând tehnici și criterii de modelare diferite. Pentru atingerea obiectivelor propuse, studiile de caz au fost alese astfel încât să fie atinse toate probleme ridicate, fiind abordat fiecare gen de modelare hidrodinamică: 1D, 2D, 1D2D și 3D dimensional.

În primul studiu de caz s-au analizat efectele modificărilor suferite de parametrii numerici și hidraulici ai modelului asupra rezultatelor simulărilor. Studiul a fost făcut asupra unui model hidrodinamic în sistem uni-dimensional al unui tronson al râului Clyde, Glasgow, Scoția. Pentru modelare și simulare s-a folosit programul ISIS.

În al doilea studiu de caz, rezultatele obținute din experimentele realizate cu un model fizic al simulării ruperii unui baraj și respectiv a reversării apei într-un „oraș ideal”, au fost utilizate pentru realizarea a două concepte modelare; un model hidrodinamic bi-dimensional realizat cu programul SOBEK, și un model hidrodinamic bi-dimensional realizat cu programul Brezo. Modelele au fost utilizate pentru simularea și determinarea elementelor de inundație, precum niveluri de apă, viteze de curgere și propagarea undei de viitură pe străzile din interiorul districtului urban.

O zonă urbană din orașul Carlisle, UK, de-a lungul râului Caldew reprezintă a treia zonă de studiu al acestei cercetări. În acest caz au fost construite 6 concepte modelare, 3 modele hidrodinamice uni-dimensionale (MIKE11, HEC-RAS și SOBEK), 2 modele hidrodinamice complet bi-dimensionale (SOBEK și BreZo) și 1 model hidrodinamic uni-bidimensional (SOBEK). Măsurătorile efectuate pentru evenimentul de inundare din data de 5 Ianuarie 2005, inundație ce a afectat orașul Carlisle, au fost folosite pentru a fixa condițiile de margine în interiorul modelelor și pentru o comparație ulterioară cu rezultatele acestora.

Ultimul studiu de caz prezintă analizarea modificărilor morfologice ale depunerilor sedimentare dintr-o secțiune de râu, în avalul amplasării unui baraj de pământ. S-a utilizat un model hidrodinamic tri-dimensional, și au fost făcute cercetări în trei cazuri diferite.

Următoarele activități au avut loc cu scopul de a realiza modelările și de a efectua simulările caracteristice fiecărui studiu de caz în parte:

- Revizuirea bibliografică
- Descrierea studiilor de caz și colectarea datelor
- Generarea modelelor de elevație digitale
- Construirea modelelor
- Simularea și compararea rezultatelor
- Analiza sensibilității parametrilor modelelor

Concluzionarea cercetărilor.

2 Capitolul 2. ELEMENTE DE HIDRODINAMICĂ A RÂURILOR

Elementele geometriei albiei cursurilor de apă și prezentarea tipurilor de curgeri de suprafață cu nivel liber, fac obiectul de studiu al acestui capitol. Totodată, descrierea regimurilor de curgere și ecuațiile caracteristice ale acestora sunt abordate și redate în capitolul respectiv.

3 Capitolul 3. DESCRIEREA GENERALĂ A METODELOR DE MODELARE

În acest capitol se regăsesc noțiunile legate de modele și modelare, clasificarea aplicațiilor modelelor; elaborarea modelelor, alături de o scurtă detaliere a principalelor etape de elaborare și a tipurilor de rețele ce stau la baza acestora. Apoi sunt prezentate metodele folosite pentru rezolvarea ecuațiilor de mișcare și transport; metode precum: metoda diferențelor finite, metoda elementelor finite, metoda volumelor finite și metoda caracteristicilor.

4 Capitolul 4. MODELAREA HIDRODINAMICĂ A CURGERII: MODELAREA MATEMATICĂ A INUNDAȚIILOR

Capitolul începe cu câteva noțiuni introductive despre inundații: definiții, clasificări și factorii ce stau la baza producerii acestora.

Sunt prezentate apoi noțiuni strâns legate de modelarea hidrodinamică a curgerilor de suprafață: sunt prezentate ecuațiile fundamentale ale curgerii în sistem 1D, 2D și 3D; modelarea matematică efectivă a curgerilor și metodele matematice.

Ultima parte a acestui capitol este atribuită modelării inundațiilor. Aici sunt atinse anumite puncte cheie în modelare, precum:

- Cerințele modelului pentru simularea inundațiilor;
- Rolul noilor tehnologii de colectare a datelor;
- Natura propagării unde de viitură (sunt prezentate ecuațiile acesteia);
- Legătura cu modelele hidrologice de atenuare a inundațiilor;
- Modelarea 2D a inundațiilor (a curgerilor de ape mari);
- Modelarea integrată 1D2D.

5 Capitolul 5. MODELAREA HIDRODINAMICĂ ÎN SISTEM 1D. STUDIU DE CAZ

În prima parte a capitolului este prezentată partea teoretică a modelării curgerilor 1D, prin ecuațiile fundamentale și algoritmi de calcul, pentru diferite regimuri de curgere. Apoi sunt enunțate și descrise datele necesare elaborării unui model pentru o simulare 1D (datele de teren, tipurile de reprezentare grafică, structuri, rețele, noduri, condiții de margine inițiale și de margine, debite, niveluri și parametrii numerici). Odată ce datele sunt disponibile, se poate trece la elaborarea unui model hidrodinamic uni-dimensional, pași prezentați în paragrafele următoare.

A doua parte a capitolului găzduiește un studiu de caz al modelării hidrodinamice uni-dimensionale. Este prezentat un studiu făcut asupra unui model hidrodinamic în sistem uni-dimensional al unui tronson al râului Clyde, Glasgow, Scoția. Pentru modelare și simulare s-a folosit programul ISIS. **Scopul acestui studiu a fost observarea influenței modificărilor parametrilor numerici și hidraulici ai modelului asupra calității și preciziei generale a simulării modelului.**

Râul Clyde, Glasgow, Scoția a fost un subiect luat de multe ori în atenție datorită recentelor revărsări și inundații, și a dezvoltărilor din zonă. Un model uni-dimensional a fost realizat pentru studierea riscului la inundații, utilizând programul ISIS. Am considerat o secțiune a acestui model pentru evaluarea și studierea sensibilității unor diferiți parametri ai modelului. Tronsonul de râu studiat este în partea de nord a Middle Clyde, lângă Carlisle. Pentru început au fost prezentate câteva generalități legate de cursul de apă și o scurtă descriere a schematizării programului. A urmat o analiză a sensibilității parametrilor hidraulici (rugozitate) și parametrilor numerici (pasul de timp, nivelul de apă, înălțimea malurilor fictive, numărul de iterații, debitul specific) de modelare cu accent pe rugozitatea hidraulică.

6 Capitolul 6. MODELAREA HIDRODINAMICĂ ÎN SISTEM 2D. STUDII DE CAZ

În partea teoretică a capitolului se regăsește aceeași structură ca și în capitolul 5, dar sunt adăugate și câteva noțiuni despre tipurile de rețele de discretizare ce stau la baza simulărilor 2D, și elemente de modelare combinată 1D2D. În acest capitol sunt prezentate două studii de caz: „Orașul Ideal” și „Cazul Carlisle”.

În primul studiu este prezentat cazul modelării hidrodinamice bi-dimensionale a ruperii unui baraj ce are ca efect inundarea unui „oraș ideal”. Pentru această situație au fost create personal, și apoi simulate două modele bi-dimensionale realizate cu două programe diferite, SOBEK 2D și Brezo2D. Rezultatele simulărilor au fost comparate cu rezultatele modelării fizice ale aceluiași caz. Rezultatele modelării fizice au fost obținute din lucrarea științifică a Sandrei Soares-Franzao (2008), de unde au fost colectate și datele inițiale pentru modelele matematice.

Motivul abordării acestui studiu de caz a fost cel de a studia dacă prin utilizarea modelării matematice a inundării unui mediu urban, se poate obține ca rezultat al simulării traiectoria de propagare a undei de viitură comparabilă cu cea reală.

Pentru construirea modelelor, au fost construite manual rețelele de discretizare; iar modelele au fost făcute de la zero. A fost necesară crearea a multor fișiere în Fortran, Matlab și Windows Comender pentru a fi posibilă simularea în BreZo. Iar pentru vizualizarea rezultatelor s-a utilizat un alt program, Tecplot, care a necesitat și el date în plus.

Obiectul celui de-al doilea studiu de caz este simularea unei inundații din Ianuarie 2005, în zona urbană Carlisle, Anglia, prin modelarea unui tronson al râului Caldw. Pentru această situație am realizat șase modele hidrodinamice (1D, 2D, 1D2D), utilizând 4 programe diferite (SOBEK, BreZo, Hec-Ras, MIKE11):

- Un model hidrodinamic uni-dimensional (1D) realizat cu HEC-RAS
- Un model hidrodinamic uni-dimensional (1D) realizat cu MIKE11
- Un model hidrodinamic bi-dimensional (2D) realizat cu BreZo
- Un model hidrodinamic bi-dimensional (2D) realizat cu SOBEK
- Un model hidrodinamic uni-bi-dimensional (1D2D) realizat cu SOBEK
- Un model hidrodinamic uni-dimensional (1D) realizat cu SOBEK.

Rezultatele simulărilor (hărțile de extindere și extindere maximă) a inundației au fost comparate cu măsurători reale (furnizate de Agenția de Mediu a Angliei), precum și comparate între ele. Au fost studiate sensibilitățile modelelor la diferitele modificări ale parametrilor acestora (rugozitate și rezoluția modelului de elevație digitală a terenului). Datele furnizate de Agenția de Mediu au fost: caracteristicile geometrice și GIS a 29 de secțiuni transversale, un model digital de elevație al terenului la rezoluția de 10x10m și hidrografele măsurate în câteva stații din zonă.

Am construit toate aceste modele, fără a avea nici un model conceput anterior, am conceput și realizat toate modelele de elevație digitală pentru BreZo, utilizând numeroase coduri și programe de programare și calcul (Matlab, C++, Fortlan). Am realizat modelele de elevație digitală a terenului la rezoluția de 1x1m și 2x2m pentru programul SOBEK. Am realizat pentru prima dată o simulare de inundație în mediu urban cu ajutorul codului BreZo. Și pentru prima dată am utilizat SOBEK în simularea inundației din 2005 Ianuarie, existând câteva tentative anterioare (această inundație a mai fost studiat în repetate cazuri, cu diverse programe: Lis-Flood, codul TRENT, ISIS 2D).

7 Capitolul 7. MODELAREA HIDRODINAMICĂ ÎN SISTEM 3D. STUDII DE CAZ

Studiul de caz în modelarea în sistem 3D se referă la „Modificările morfologice ale bancurilor de nisip de-alungul unui curs de apă”. Modelarea acestui studiu de caz s-a realizat cu ajutorul programului Delft3D. Spre modelare s-a ales un sector de râu meandrat de lungime $L = 25\text{km}$ și lățime maximă $B = 2\text{km}$. De-alungul râului se întâlnesc insule de nisip cu dimensiuni variabile între $0,5\text{m}$ și $1,5\text{m}$ de-asupra nivelului apei.

Scopul acestui studiu de caz este de a observa impactul amplasării unei construcții de retenție pe un curs de apă, asupra morfologiei râului, respectiv, în mod particular, asupra insulelor de depuneri sedimentare. Pentru a analiza modificările morfologice, s-au considerat trei cazuri.

Rezultatele obținute pentru fiecare caz au fost comparate cu situația inițială, a cărei simulare a fost de-asemeni întocmită. Rezultatele considerate semnificative unei comparații sunt nivelurile de apă, nivelurile fundului râului măsurate prin intermediul punctelor de nivel al apei („water level points”), și evoluția morfologică: determinarea apariției și evoluției fenomenelor de eroziune sau sedimentare.

8 Capitolul 8. CONTRIBUȚII PERSONALE

- Sintetizarea și analizarea bibliografiei
- Prezentarea stadiului actual și evidențierea noilor cercetări din domeniu
- Sistematizarea ecuațiilor fundamentale și a metodelor de modelare a curgerilor
- Aplicarea metodelor de modelare în studiile de caz
- Construirea unor modele diferite, elaborarea rețelelor de calcul a acestora, simularea modelelor hidrodinamice, și interpretarea rezultatelor, ținând cont de caracteristicile diferite ale fiecărui model și program de calcul.
- Utilizarea, testarea și analizarea în mod comparativ a diferitelor software existente (SOBEK, BreZo, Hec-Ras, MIKE11, Delft3D, ISIS)
- Utilizarea a numeroase programe de calcul adiacente (Tecplot, ArcGIS, MATLAB, C+, Fortlan, Triangle) pentru a crea modelele hidrodinamice
- Adaptarea unui cod de modelare hidrodinamică la datele disponibile pentru cercetare
- Crearea unor coduri, respectiv programe pentru a transforma datele de teren disponibile în date ce pot fi utilizate de software-urile folosite
- Prima utilizare a codului Brezo într-o simulare de inundație urbană, cu date reale
- Analiza elaborată a unor studii de caz complexe

9 Capitolul 9. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

- SOBEK 2D și BreZo 2D au fost capabile să simuleze inundațiile și să furnizeze rezultate de încredere
- Se aștepta ca modelul 1D2D să ofere rezultate mult mai precise
- Modelele 2D și 1D2D pot fi utilizate în definirea traiectoriei preferențiale a undei de viitură

- Modelele hidrodinamice 2D pot fi utilizate ca și unelte pentru suportul deciziilor de sprijin pentru planurile de reducere a riscului la inundații
- Modelul de elevație digital și coeficientul de rugozitate au fost identificați ca cei mai sensibili parametri de intrare pentru modelarea curgerilor de ape mari
- Codul BreZo poate fi utilizat ca o alternativă a programelor de modelarea 2D a inundațiilor, gen SOBEK
- Calitatea modelului depinde în întregime de capacitățile sale descriptive ale sistemului fizic din punct de vedere al topografiei și a datelor rugozitate, de reprezentativitatea ecuațiilor și a metodelor numerice aplicate.
- Modelele 1D prognozează debitele și adâncimile de apă în secțiunile transversale; Eficient pentru sistemele mari de râuri.
- Modelele 2D se adresează limitărilor 1D; rezolvă ecuațiile Saint Venant în două direcții perpendiculare.
- Modelele hidrodinamice 2D abordează parametri de rugozitate în mod diferit .
- Modelele 3D rezolvă ecuațiile complexe Navier-Stokes; necesită mult timp de calcul și resurse de compilație.
- Este nevoie de o versiune a sistemului de cuplare 1D2D SOBEK
- Pentru următoarele cercetări e necesară achiziționarea a mai multor date privind rugozitatea zonelor urbane
- Ar trebui colectata mai multe serii de date observate și măsurate după un eveniment important
- Ar trebui realizate mai multe simulări pentru cazul Carlisle, utilizând a rezoluție mai fină și îmbunătățită a DEM
- Efectul de Remuu al inundației ce are loc pe râul Eden trebuie considerat în cercetări viitoare
- E recomandat să se investigheze performanța modelelor cu dimensiuni diferite a rețelelor de discretizare în varii locații pentru același caz